

Title	關東地方の重力偏差(二)
Author(s)	熊谷, 直一
Citation	地球 (1927), 8(2): 93-105
Issue Date	1927-08-01
URL	http://hdl.handle.net/2433/183313
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

帶噴出の原動力と看做し得るならば、此の如き地震は加熱鎔融に因る岩漿成生と因果關係を有すべく、所謂火山地震なるものはその最末端に起るものとなる。

茲に詮じ來つた所を概括すれば、非常に深い下層に於て上下層殼の伸縮により上層殼が割裂することが地震の原因となり再鎔地震と呼ぶべきものが起り、是より上層に傳播して表面に火山噴出を起す如き浅い地震まで震源の深さの遞減を見ると考へてよい。是は屢述べた所の岩漿の上昇運動を意味し、更に進んでこの運動が如何なる徑路を取つて地震に近づくかを考ふれば造山作用が深處に起る岩漿の移動の惹き起す結果の一たることが明かになると信ずる。(未完)

關東地方の重力偏差 (二)

熊谷直一

一 計算式の常數及その他の事項に就いて

(a) 計算式の常數 重力偏差計の生命とも稱すべき捻線の恒數は、出來る丈け屢々測定する必要がある。最初の年には第一の器械に就いて三回、第二の方に就いて四回、次の年には第一の方に就いて二回、第二の方に就いて三回の測定を行つた。最初の年に第二の器械に使用した捻線は、その前年島原半島の觀測に於て上河氏の用ひたものと同一の捻線であつたから、この捻線の恒數決定

には同氏の測定をも使用させて貰つた。曾て撫順炭田の地下構造を重力偏差の方面より吟味された松山教授(6)は、その際捻線の恒数の温度係數を見出されたので、筆者は吾々の場合に於ても温度係數のあるべきを思つて、測定の結果を吟味して見たが遂に見出すことを得なかつた。猶試みに觀測帖に記入された觀測情况によつて大氣の乾濕及晴曇等と捻線の振レの讀みとを比較して見たが、こゝにも注意すべき關係を見出し得なかつた。思ふに内地は滿洲の如き大陸と氣象情態を異にして居つて、大氣の種々なる要素が交錯重合して測定に影響を及ぼしてゐる爲めに、各々の効果を識別することが困難なるによるものと思はれる。それで各回の測定の捻線の振レを單に平均したものを採用し、それより捻れの恒數を決定し、それを器械常數と組合はせて、計算式の常數を決定した結果は次の通りである。

第 年	a	b	a'	b'
1924	1.2633×10^5	2.0784×10^5	1.2190×10^5	2.0033×10^5
1925	1.2505	2.0572	1.2563	2.0546

茲に a、b は第一の器械 a'、b' は第二の器械に屬するものである。

(b) 唯一回の觀測値を用ひて算出された値の最大誤差 前節の常數の値を夫々三位觀測及び五位觀測の計算公式(7)に代入したものは即ち吾々の觀測に實際に使用した計算式である。この計算式の中に出てくる器械の静止の位置の讀み n (第一の器械) 及び n' (第二の器械) の値に就いてはそ

の 0.1 は限の推定によるものであるから、n 及 n' の實測値の中に常に ± 0.1 の誤差を豫期せねば

ならぬ。この誤差に起因する計算値の最大誤差（但し唯一回の観測の場合）は、實際の計算式より直ちに導き出すことが出来る。今 a, b 及び a', b' の値として兩年の平均値を採用して之れを勘定した結果は次の通りである。

$$\delta\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right) = \pm 1.85 \quad \delta\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}\right) = \pm 1.07 \dots\dots\dots (1)$$

$$\delta\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z}\right) = \pm 0.56 \quad \delta\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}\right) = \pm 0.65 \dots\dots\dots (2)$$

茲に(1)は等ポテンシャル面の曲量を決定する曲量項、(2)は重力比差を決定する比差項の最大誤差を示し、等號の右邊の上に書かれた値は凡て三位觀測の場合で、下に書かれた他は凡て五位觀測の場合を示す。數字の他は凡て 10^{-9} 厘瓦秒單位で表はされてある。この單位は重力偏差計の發明者である埃太利のエートベース男爵が創設したものであつて、現今この方面に盛に使用されてゐる單位である。最近この單位をエートベースと呼び E といふ文字でそれを表はす様になつた。發明者の名を永く紀念せんとする精神と、學問の進歩に用語の簡明を旨とする所からである。これに類することは曾て電氣學及磁氣學の方面に屢々行はれた事は衆知のことである。上記の數値を通覽するに三位觀測と五位觀測とで此の最大誤差の大きさは著しき差異はないが、曲量項と比差項とで可なり懸隔がある。平均を取つて見ると曲量項の最大誤差は約 ± 1.6 比差項の方は約 ± 0.7 となる。即ち前者は大約 ± 2 、後者は ± 1 となる。重力偏差計によつて見出し得る等ポテンシャル面の曲量項及び重

力の比差項の誤差の原因としては以上の外に、器械の狂ひによつて起る器械常數の變化、捻線の恒數決定に含まる、誤差及び觀測の際器械の靜止の位置を變化せしむる大氣の影響等を考へることが出来るが、この方面の充分な研究は未だない様である。それで筆者は曲量項及比差項の觀測値（算出値）に種々の補正を施す場合に、如何なる程度まで補正值を勘定すべきかといふことに就いては假りに上記の最大誤差を以てその限度として置いた。

(c) 方位の誤差に對する補正

計算式によつて曲量項及比差項の四値を算出するに當つては、

三位觀測の場合には捻線が吊してをるアルミニウムの水平棒が靜止した時に採る三つの位置は互に正確に一二〇度の角をなしてをり、五位觀測の場合には五つの位置が互に正確に七二度の角をなしてゐることが假定してある。所が實際の取扱では水平棒を納めてゐる細長い矩形の箱の軸が水平棒と一致してゐるものとしてこの軸を右の角度だけ廻轉することになつてゐる。所がこの箱に對する水平棒の靜止の位置は箱の方位毎に異つてゐる爲めに、正確に一二〇度又は七二度の角をなしてをらない。従つてこれに對する補正が必要となつてくる。三位觀測の場合のこの補正式は既に南洋のヤルト島珊瑚礁の論文(8)に於て松山教授が透導されたが、五位觀測の場合はまだ知られてゐないので、筆者は同教授の方法と少し許り異なる方法で導き出して見た。その結果によると補正式は補正されない値即ち計算式から直接に出てくる値についての二次式となることは三位觀測の場合と同一であるが、係數が一般に後者よりも大となつてをる。即ち三位觀測の場合には、曲量項に對しては係數が 0.00003 乃至 0.00014 、比差項に對しては 0.000005 乃至 0.000

二三であるのに對し、五位觀測の場合には、夫々〇・〇〇〇一三乃至〇・〇〇〇五〇及び〇・〇〇〇〇七乃至〇・〇〇〇一〇である。然しこの係數の大きさより分る通り、補正項の値は極めて小なるものであつて、補正されない曲量項及び比差項の値が非常に大となるにあらざれば、この補正は unnecessary ものである。吾々の實際の場合に於て少數の代表的例をとつて、補正項の値を勘定して見た結果は、何れも前節に述べた器械の静止の位置の讀みの誤差に起因する計算値の最大誤差を超過するものはなかつた。唯觀測點第六八番即ち武藏の苗間分丈^{ナニヤン}は計算値が著しく大きく出てゐる爲めに補正項の値も考慮せねばならぬ程の大きさになつて出て來た。即ち計算値の $\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} =$

$$-10.9 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2 \partial y} = +158.1 \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = +6.7 \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = -85.3$$

に對して補正の大きさは $\delta \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right)$

$$= +5.8 \quad \delta \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \right) = -1.6$$

となつたのである。

二、觀測の情況

夏の陽が西に落ちて夕風の涼しくなりかける頃觀測用の大天幕を立てにかゝる。場所は多くは村や町の小學校の運動場の真中である。時に神社や寺の境内又は民家の庭を拜借することもある。觀測者二名及び文部省測地學委員會の勝岡三治氏或時は同じく入江氏、又は陶山氏之れに加ふるに越後三條町からはるく人夫兼炊夫として來た好漢中村石造氏等都合四名の協力によつて、またたく

隙に天幕の中に重力偏差計主要部の組立てが終る。續いてその夜の觀測者は觀測の諸準備を進め、萬遺漏なきを確めたる後靜かに天幕を出て休憩所に歸つて來る。觀測は既に始つたのである。器械の讀み取りを始めるまでに三十分乃至四十分の隙を置くことになつてゐる。夕食は多くこの隙にとる。時間が來ると懷中電燈と觀測帖と鉛筆とを持つて五分毎に天幕と休憩室との間を往復し始める。初めの間は見ると可なり讀みが變化してゐるが次第に變化は減じて來る。續けて三度とつた讀みが一定してゐれば少くとも十分間は器械が靜止してゐることになる。この讀みを以て靜止の位置と定め、次の方位に機械を廻して出てくる。この操作を翌朝日が昇る迄來る丈數多く繰り返すのである。靜止までに要する時間は、讀み始めてから早い時には三十分乃至四十分で済むことがあるが時によると一時間又は二時間を要することがある。此の様な場合は多く空のよく晴れ渡つた夜に起るものであつて、曇天降雨の夜等は一般に早く靜止するのが例である。觀測中霧がかゝつてくると反射鏡の面に幽かな露が置いて讀取が全く不可能になることがある。特に夜明けの霧には少からず苦しめられたものである。又次の様な事件が起る。即ち讀みが尺度の端を指したまゝ靜止してゐる。これは青銅の吊線に下つてゐる白金の錘の表面に曾て油拭をした際の油が不注意に少し残つてゐてその爲めに錘が内壁に喰付いてゐる爲らしい。こんな場合には錘のある位置の所を外から軽く敲いてやると離れて旨く常態に復することがあるが、時によつては内壁の反對側で強く反撥して又元の位置に戻りこれを繰返して非常に時間を空費することがある。こんな時には思切つて他の方の器械丈けによつて五位觀測を行う方がよい。この外思ひがけない故障が色々起つて來た。初年の八月

廿六日の夜には如何なるはづみか第一の器械に屬する青銅線が切れてゐてそれ以後は第二の方で五位觀測をつゞけた。翌年には觀測の當初から第一の器械が容易に靜止してくれないで非常に困難を嘗めた。よく調べて見ると青銅線の中程に輪がそのまゝ、しめつけられて出來た様な捻れが出來てゐて、吊された白金錘が青銅線を軸とする振動を行ひ之れに水平棒の振動が加つて仲々止まないものであつた。捻が出來たのは機械の取扱ひに何時の間にか錯誤があつたのである。それでこの年は殆ど第二の方許りて五位觀測を以て始終したわけである。

同じ年の終りには意外な故障に遭遇した。最後の二つの觀測點に撰定された千葉縣の市川町と野田町の兩小學校での觀測は非常に不規則な結果であつた。最終の觀測點野田町では最後に捻線の恒數の測定を行つた所結果は同じく極めて不規則である。翌日の午後機械を運動場から講堂に運んで内部の懸系を隈なく調べて見たが何事も起つてゐない。それで元の通りに組立てて暫く講堂内で様子を見ようべく懸系を自由にして置いた。半時間後行つて見ると懸系が落ちてゐる。再び機械を開いて見ると捻線の下端臘付けの所で捻線が切れてゐる。市川町及野田町での觀測が不規則であつたのは、既に市川町で捻線の下端が切れかけてゐたことに起因すると考へなければならぬ。この理由によりこの兩觀測點での結果は疑問とせなければならぬ。從來捻線を取付けるには臘付けによつてゐたからその部分が焼鍍の爲めに幾分變質して居り、特に酸を用ひた場合は洗滌を十分に行なつても多少酸を残すから長期間の間には腐蝕して遂に切れることになる。最近製造元から研究室へ到着した新しい捻線を見ると此の點に留意したらしく、化學的方法でなく單に機械的手段によつて取付

であるものゝ様である。

三、觀測値の整理

(a) 潮汐に對する補正

觀測點が海岸に接近してゐる場合は、潮汐現象によつて起る近くの海水の増減は測點に於ける重力野を時間的に變化せしめ、その影響は器械の靜止の位置の讀みに變化を生じてくる。それで一定の標準海面の許に讀みを換算せねばならぬ。この標準面としては平均海水面を採用し、簡單の爲めに海岸を極めて長い垂直面 A、A' (第一圖參照) と假定し、海面を沖の方にどこまでも擴がつてゐる平面とし潮汐の爲めにこの平面が上下運動を行ふものと假定する。今觀測點を原點としこれより海岸の方向に直角に引いた水平線を x 軸、平行に引いた線を y 軸、鉛直の方向を z 軸に採れば觀測點に於ける曲量項及比差項の變化の大きさは

第一圖

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) &= -2\gamma\sigma \operatorname{arctg} \frac{xd}{x^2 + z(z-d)} \\ \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial z} \right) &= -\gamma\sigma \log \left(1 - \frac{2zd - d^2}{x^2 + z^2} \right) \\ \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \right) &= \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \right) = 0 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

で與へられる。これは原點に於ける値である故に左邊に $u = v = w = 0$ といふことを明記せねばならぬが便宜上省略して置く（このことは此處ばかりではなく拙文中通じてのことであることを御承知願ひたい）。この式に於て x は原點から海岸までの水平距離、 z は原點と平均海面との垂直距離である d は任意の時刻に於ける海水面と平均海面 $L M$ との距離であつて、高潮 $A B$ の時に正、低潮 $A' B'$ の時に負と考へる。 r は萬有引力の恒數 66.58×10^{-9} c.g.s. の海水の密度 1.03 gr/cm^3 である。

潮汐の影響の大體の値を見る爲めに今三位觀測の場合をとり且それに採用せられた座標軸が今の場合と同一であるものと假定して、(3) 式の様な重力野の變化が讀み n 及び n' に與へる變化を器械の平衡式から導き出して見ると

$$\begin{aligned} \delta n = & -\frac{a}{2} \sin 2u \cdot \left\{ \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) + b \sin u \cdot \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \right) \right\} \\ \delta n' = & -\frac{a'}{2} \sin 2u \cdot \left\{ \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y'^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x'^2} \right) - b' \sin u \cdot \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x' \partial z} \right) \right\} \dots (4) \end{aligned}$$

となる。 u の δn 及 $\delta n'$ は夫々觀測した n 及 n の値から常に差引くべきものである。今 a の絶對値を 1.0 米とし a' として 5.0 米と 10.0 米との二値を採用して、 x を 50 米から 400 米までとつて (3) 及 (4) によつて δn 及 $\delta n'$ を計算した結果は第二表に示す通りである。

$z = 5.0m$

x	$\partial_1 z$	$\partial_2 z$	$\partial_3 z$	$\partial_1 w$	$\partial_2 w$	$\partial_3 w$
50m	0	-0.10	+0.10	0	-0.19	+0.19
100	0	06	06	0	03	03
200	0	03	03	0	04	04
300	0	02	02	0	03	03
400	0	02	02	0	02	02

$z = 10.0m$

x	$\partial_1 z$	$\partial_2 z$	$\partial_3 z$	$\partial_1 w$	$\partial_2 w$	$\partial_3 w$
50m	0	-0.05	+0.05	0	-0.23	+0.23
100	0	05	05	0	10	10
200	0	03	03	0	04	04
300	0	02	02	0	03	03
400	0	02	02	0	02	02

第二表 潮汐に對する補正

$|d| = 1.0m$

右の表中 $\partial_1 z$ 及 $\partial_2 z$ に附した番號1、2、3は第一の器械の正の方向（水平棒の中心から白金錘を吊してある端へ引いた直線の方角）が α 軸と夫々〇度、一一〇度、二四〇度をなす場合の讀みの變化である。偕て潮汐に對する補正を要すと思はるゝ觀測點は神奈川縣の酒匂と千葉縣の富津の二點である。五萬分の一の地形圖によつて α を求めると酒匂では二五〇米、富津では三〇〇米となる。同じ

地形圖によつて海拔を求め、これに原點の地上からの高さ一・三二米を加へ更に關東大地震による水準の上昇を陸地測量部の地震後の水準變更調查報告（大正十四年十一月發表）によつて推定したるものを加算して酒匂では α が七・七米、富津では五・八米といふ値を得た。猶油壺の驗潮所の好意で送られた吾々の觀測時に相當する時間の驗潮儀の記錄によつて見るに d は一米を超過してゐないことを知つた。以上の數字によつて第二表を見るに ∂u 及 ∂v は讀みの最小限度 0.1 の分數になつてゐるからこの場合潮汐の補正は爲すに及ばないことになる。富津は浦賀水道の側の海水に就いても考へねばならぬが、この方は α が一〇〇米もあるから更に考慮の必要がなくなる。

(b) 器械の靜止の位置の變化と其の處理法及びこれに關する偏差計の改良點 既に述べた通り

場合によつては器械が一、二時間も靜止しないことがある。この時間の間器械は極くゆるやかに運動してゐるのである。同様の現象は撫順の觀測に於て松山教授も遭遇されたことであつて、東京の寺田教授(9)はこの現象は溫度の變化によるものに相違なからうと言はれてゐる。最近バワリヤのフライブルヒ大學キョウニヒスベルガ教授(10)はこの現象に就いて次の様に述べてゐる。自分の研究した所によると内部の空氣が動搖する爲めの影響は一般に考へられてゐる程には心配すべきものではなく、最も大きな影響は溫度の激變である。經驗に徴するに溫度の上昇する時に影響が大であつてこれは溫度の時間に對する微分係數に關係がある。この意見には首肯しかねる點がある。即ち溫度の激變は内部の空氣を動搖せしめないであらうか。筆者の經驗によれば器械内部の溫度と外氣の溫度との差が不規則な變化を行なつてゐる時に限つて懸系の位置の變化が著しく起りこの溫度差

が零に近い場合にはこの間懸系は非常に良く静止してゐるのである。今温度差が懸系の位置を左右する機制を考へて見るに、器械の内と外とは装置の接合部に當たる小さな間隙によつて連通してゐるから内外に温度差が出来ればこの連通路を通つて空氣の流が起り内部の空氣も從つて流れなければならぬ。この流れは懸系に突き當つて多少捻線の廻りの廻轉能率を生ずるであらう。この廻轉能率と重力野から來る廻轉能率との和に捻線の現はす戻れの能率が等しくなつた所で懸系は静止する筈である。從つて若し内部を流れてゐる空氣の速度や密度が變化して行くならば懸系に與へる衝撃從つて廻轉能率の大きさも變つて行くから懸系は仲々静止しないことになる。上記の速度と密度とは内外の温度差のみならず外氣の温度、氣壓及び濕度等あらゆる大氣の要素に左右されるであらうから、若しこれらの要素が觀測中絶えず變化してをるならば、器械を一定の方位に据付けて置く時に懸系は絶対に静止といふことを爲さぬわけである。五分毎に懸系の位置を読み取り少くとも十分間殆ど同じ位置にあるならばそれを静止の位置として採用する方針で觀測を進めて行く間、器械を前と同じ方位に戻した時の静止の位置は前の位置とは可なり異つてゐることは實際毎度の觀測に遭遇することであつて、これは右の所論より豫期せらるゝことである。この静止の位置の變化を旨く處理するといふこはこの觀測で最も大切なことであつて、従前から松山教授によつて次の様な方法が實行されてゐる。方眼紙の上に時間を横座標にとり静止の位置の讀みを縦座標にとつて各々の方位に於ける静止の位置の讀みと時間とをプロットする。同じ方位に屬する静止の位置の讀みを同じ丈縦軸に平行に適當に移動せしめて出來た新しい點の集りに最もよく融合し且つ成る丈波動の小さく

なる様な曲線を作れば、これは器械を或一定の方位に固定したと考へる場合の静止の位置の變化を示す曲線であつて即外氣の影響を與ふる曲線と考へられるこの曲線によつて凡ての静止の位置を任意の時刻のものに補正することが出来る。計算式に入つてくるものは各方位に於ける静止の位置の差であるから、補正の標準にとる時刻は全く任意であつてよい。勿論筆者もこの方法によつて補正を行なつたのである。捻線の恒數測定の際の静止の位置の變化についても同様の處理法を行うことになつてゐる。

大氣の情況の變化が著しく觀測を左右するといふことは好ましからぬことであつて之れはこの重力偏差計の一大缺點であるといはねばならぬ。若し大氣の影響を遮斷することが出来れば眞晝でも樂に觀測を行うことが出来る筈である。筆者は昨年の暮れ文部省測地學委員會に提出した報告文には偏差計の諸裝置を少しの間隙もないものに改め且全體を熱の不良導體で包んで仕舞へば或程度迄外氣の影響を遮斷し得るだろうといふ意見を述べて置いたが、最近最も理想的と思はれる方法に想達するに至つた。それは偏差計の改良といふことになつてくるが、懸系の動く空間を眞空にして觀測し得る裝置となし且つ電磁制動子を内部に裝置して懸系の運動を早く咀止するといふにある。

(未完)